# Antennes

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Perrusson Gaële

Equipe pédagogique : G. Perrusson.

Objectifs pédagogiques visés :

**Contenu :** Objectifs :

Ce cours sur les Antennes a pour but de rappeler les principes de bases de l’électromagnétisme et de présenter les concepts importants du rayonnement en espace libre. La finalité de l’unité d’enseignement est de connaître les méthodes les mieux adaptées pour la conception, la simulation et la mesure du rayonnement. Le cours d’antennes permettra d’approfondir les notions importantes sur le sujet.

Contenu :

Cours-TD

– Rappels d’électromagnétisme

– Introduction des antennes typiques et leurs applications (antennes à ouvertures, antennes filaires, les paraboles, les réseaux, et enfin les antennes imprimées)

– Notions de rayonnement en espace libre

– Techniques de simulations numériques

– Techniques expérimentales : méthodes de mesure en champ proche ou lointain

– Bilan sur les méthodes de conception, d’optimisation et de caractérisation des antennes

– Variabilité du milieu de propagation, mobilité des antennes, trajets multiples

Travaux Pratiques

– Mesure des propriétés du rayonnement d’une antenne

– Mesures en champ proche d’une antenne dans une chambre anéchoïque

– Simulation d’une antenne imprimée (permet d’aborder les technologies d’éléments imprimés, tout en s’initiant à un logiciel de simulation de type Méthodes de Moments).

**Prérequis :** Notions d’électromagnétisme de l’UE « Systèmes et propagation radio et hyperfréquence » du M1 E3A ou équivalent.

**Bibliographie :** Modern Antennas, S. DRABOWITCH, A. PAPERNIEK, H. GRIFFITHS, J. ENCINAS, B. L. SMITH, édition Chapman&Hall, 1998. Transmission en espace libre et sur les lignes, P. COMBES, édition DUNOD, 1988. Antennas from theory to practice, Y. HUANG, K. BOYLE, édition WILEY, 2008.

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Septembre – Octobre – Novembre.

Lieu(x) : ORSAY

# Composants semi-conducteurs térahertz

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : ANIEL Frédéric

Equipe pédagogique : Frédéric Aniel, Professeur CNU 63, Université Paris-Sud Adel Bousseksou, Maître de conférences CNU 63, Université Paris-Sud Xavier Checoury, Professeur CNU 63, Université Paris-Sud Anne-Sophie Grimault-Jacquin, Maître de conférences CNU 63, Université Paris-Sud Nicolas Zerounian, Maître de conférences CNU 63, Université Paris-Sud.

**Objectifs pédagogiques visés :**

Contenu : Longtemps un domaine uniquement exploré dans des expériences de recherche en physique, la gamme de fréquence térahertz suscite un intérêt croissant pour des applications comme par exemple la spectroscopie moléculaire, la détection sécuritaire, l’analyse biologique non invasive et les réseaux locaux de télécoms. La technologie microélectronique permet progressivement de rendre plus compacte les sources et les détecteurs THz, par voie électronique (onde submillimétrique) et par voie optique (lointain infrarouge). L’objectif est d’apporter une connaissance des différentes solutions technologiques pour générer et détecter des ondes THz, particulièrement avec des dispositifs semi-conducteurs, et permettant l’insertion dans les équipes de recherche travaillant dans ce domaine de fréquence. La gamme THz est qualifiée de gap car toutes les sources, qu’elles soient optiques ou électroniques voient leurs performances chuter spectaculairement. Le cours sera l’occasion de passer en revue les sources (et les détecteurs) THz les plus classiques ou les plus originales. Ainsi, seront notamment appréhendées les transistors à effet de champs ultra courts ou bipolaires à hétérojonction III-V et IV-IV présentant des performances hyperfréquences à l’état de l’art tout comme les diodes Schottky, les photocommutateurs THz les diodes à effet tunnel résonant ou les lasers à cascade quantique….

**Bibliographie :** [1] « Optoélectronique Térahertz », Jean Louis Coutaz, EDP Sciences, 2011 [2] “Introduction to THz Wave Photonics », X.-C. Zhang Jingzhou Xu, Springer, 2010 [3] “Plasmonics : Fundamentals ans applications », S. A. Maier , Springer, 2007 [4] « Composants semi-conducteurs pour les hyperfréquences », Aniel F., Dalle C., Long S., Zerounian N., Hermes Science – Lavoisier,, 2005. [5] « Contraintes mécaniques en micro, nano et optoélectronique », Andrieu S., Aniel F., Boucaud P., Brillouët M., Coupeau C., Fishman G., Fontaine C., Fortunier R., Gergaud P., Glas F., Goyhenex C., Legros M., Müller P.,

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Décembre – Janvier – Février – Mars.

Lieu(x) : ORSAY

# Conception de circuits non linéaires micro-ondes et dispositifs innovants

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Zerounian Nicolas

Equipe pédagogique : F. Aniel (PU), A-S. Grimault-Jacquin (MC), N. Zerounian (MC).

**Déroulement et organisation pratique :** 4 séances de cours de 3 heures, 2 séances de cours de 4 heures, 2 séances de cours-TP de 3 heures, 1 séance de TP de 4 heures.

**Objectifs pédagogiques visés :**

Contenu : Cette UE vise la synthèse de circuits non linéaires (l’amplification de puissance, le mélange et l‘oscillation) avec une mise en pratique. Les procédés technologiques de fabrication des circuits MMIC seront abordés. Les modèles non linéaires des dispositifs actifs sont décrits, et la modélisation physique sera mise en pratique sur un HEMT. Des dispositifs à base de technologie III/V vers ceux à base de carbone (graphène, nanotubes) en tant qu’exemples appropriés pour décrire le cahier des charges d’une réalisation de circuits avancés HF seront discutés en adéquation avec les défis technologiques actuels de la recherche.

• Technologie MMIC sur substrat III-V (GaAs, InP, GaN)

• Dispositifs actifs et modélisation non linéaires de diodes, HFET et TBH. Quel composant pour quelle application ?

• Etat de l’art des circuits non linéaire, du prototype de recherche vers le produit industriel.

• Technologies des dispositifs utilisant de nouveaux matériaux (diamant, graphène, nanotubes).

• Travaux Pratiques : Conception des fonctions non-linéaires telles que l’amplification de puissance, le mélange et l’oscillation. Modélisation d’un HEMT de la physique au modèle électrique.

**Prérequis :** Circuits analogiques basse fréquence, filtrage analogique.

**Bibliographie :** [1] « Composants semi-conducteurs pour les hyperfréquences », Aniel F., Dalle C., Long S., Zerounian N., Hermes Science – Lavoisier, 2005. [2] « Practical MMIC Design », Steve Marsh, Artech House, 2006.

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Novembre – Décembre – Janvier – Février.

Lieu(x) : ORSAY

# Conception de circuits linéaires hyperfréquences

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Zerounian Nicolas

Equipe pédagogique : F. Aniel (PU), A-S. Grimault-Jacquin (MC), N. Zérounian (MC).

**Déroulement et organisation pratique :** Cette UE vise l’étude de la transmission et de l’amplification aux hautes fréquences (HF), et la caractérisation de composants actifs et passifs. Des exemples de modélisations électriques de circuits seront présentés ainsi que des moyens de caractérisation (bruit, gain). Cette UE commencera par une séance d’évaluation des acquis sur les bases des hyperfréquences (l’éq. du télégraphiste, le coefficient de réflexion, la désadaptation d’impédance et fonctionnement et modélisation électrique petits signaux appliqués à un HFET III-V, stabilité des quadripôles appliquée à l’amplification bande étroite d’un signal HF). Les étudiants devront assister à cette séance via une approche de pédagogie inversée. Après avoir étudié ces notions par leur formation antérieure ou de façon autonome avec l’appui de bibliographie (voir liste exhaustive de livres [1-3] proposée) les étudiants participeront à une séquence de questions réponses avec l’enseignant puis ils seront évalués à l’écrit.

Objectifs pédagogiques visés :

Contenu : •Transmission d’un signal HF (guides d’ondes planaires et filtres)

•Bruit dans les composants aux hautes fréquences avec application expérimentale et logicielle

•Conception d’un amplificateur MMIC large bande et faible bruit avec la fonderie UMS.

•Physique des semi-conducteurs III-V

•Travaux Pratiques : Mesures des paramètres S avec un analyseur de réseau vectoriel. Conception d’un amplificateur large bande avec l’aide d’un logiciel de conception avancée pour les HF (ADS de Keysight, AWR) et design kit (fonderie UMS).

**Prérequis :** Electromagnétisme et bases des hyperfréquences.

**Bibliographie** : [1] « Les micros-ondes : circuits, microrubans, fibres », Badoual, tome 1 -Masson, Elsevier (1993) [2] « Micro-ondes : Tome 1, Lignes, guides et cavités » Combes P.-F. Dunod (2007) [3] « Micro-ondes : Tome 2, Circuits passifs, propagation, antennes » Combes P. -F. Dunod (2007) [4] « Physique des semiconducteurs et des composants électronique » Matthieu H., Dunod, 2001 5 ieme édition [5] « Composants semi-conducteurs pour les hyperfréquences », Aniel F.,et al., Hermes Science – Lavoisier, 2005. [6] « Contraintes mécaniques en micro, nano et optoélectronique », Andrieu S., Aniel F., et al.

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Septembre – Octobre.

Lieu(x) : ORSAY – PALAISEAU

# Modélisation électromagnétique

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Pichon Lionel

Objectifs pédagogiques visés :

**Contenu :** L’objectif est de définir et formaliser un problème d’électromagnétisme ; de choisir un outil de modélisation numérique et de simulation pour l’analyse et le dimensionnement de dispositifs

Exemples de problèmes aux limites de la physique

Electromagnétisme (équations de Maxwell, électrostatique, magnétostatique, magnétodynamique, ondes électromagnétiques). Equation de diffusion de la chaleur. Conditions aux limites.

Différences finies

Schémas temporels classiques pour les équations d’évolution (diffusion, propagation). FDTD. Notion de stabilité. Condition CFL. Perfectly matched layer (PML).

Eléments finis

Formulation faible, éléments nodaux (éléments de Lagrange, éléments d’ordre supérieur). Application aux problèmes statiques.

Eléments d’arête. Application aux problèmes de propagation et rayonnement. Troncature de domaine.

TD : Mise en application de la méthode pour la résolution d’un problème académique 2D

Equations intégrales

Noyau de Green. Diffraction par obstacle parfaitement conducteur. Couplage équations intégrales – élément finis. Transformation champ proche-champ lointain. Application à la FDTD.

**Prérequis :** Dérivées partielles de fonctions de plusieurs variables. Développement limité. Formule de Taylor. Opérateurs vectoriels. Formules de Green et identités vectorielles Calcul d’intégrales doubles. Equations différentielles du 1er ordre et 2ième ordre à coefficients constants. Eléments d’algèbre linéaire. Valeurs propres et vecteurs propres.

**Bibliographie :** M.N.O SADIKU, Numerical Methods in Electromagnetics, 2nd edition, CRC Press, 2001. D. EUVRARD, Résolution numérique des équations aux dérivées partielles, Ed. Masson, 1994. J. JIN, The finite element method for electromagnetics, 2nd edition, John Wiley and Sons, 2002. J. JIN, Theory and Computation of electromagnetic fields, IEEE Press, John Wiley and Sons, 2010. A.F. PETERSON, S.L. RAY, R. MITTRA, Computational Methods for Electromagnetics, IEEE Press, Oxford University Press, 1998. A. TAFLOVE and S. C. HAGNESS, Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method, 3rd ed.

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Septembre – Octobre – Novembre – Décembre.

Lieu(x) : GIF-SUR-YVETTE

# Optoelectronics

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Bousseksou Adel

Equipe pédagogique : Adel Bousseksou, Delphine Morini, Xavier Checoury, Frédéric Grillot.

**Objectifs pédagogiques visés :**

Contenu : Objective:

The objective of this course is to provide a solid background in optoelectronic devices and their applications.

Outline:

I. Semiconductor optolectronic devices

– Light guiding

– Light-matter absorption, spontaneous and stimulated emission

– Laser diode

– Optical modulator

– Photodetector

II. Inter-subband optoelectronics for mid-infrared applications

– Intersubband transition

– MIR applications

– Technology

– Emitters: Quantum cascade laser, optical guides and cavities

– Detectors: QWIP, QCD

III. Dynamics in advanced semiconductor lasers

– Dynamic effects

– New devices

– Non-linear photonics

– Experimental study.

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Décembre – Janvier – Février.

Lieu(x) : ORSAY

# Technologie salle blanche

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Checoury Xavier

Equipe pédagogique : Xavier Checoury, Anne-Sophie Grimault-Jacquin, Nicolas Zerounian.

**Déroulement et organisation pratique :** L’évaluation se fera par contrôle continu lors des TP.

Objectifs pédagogiques visés :

Contenu : Cette unité d’enseignement (UE) vise à l’enseignement des principales techniques de réalisation en salle blanche de micro-dispositifs en rapport avec les enseignements de la finalité CAT. Cette UE, essentiellement sous forme de TP, se propose ainsi de concevoir, réaliser et caractériser un photomélangeur qui permettra de générer une onde hyperfréquence ou terahertz à partir de deux lasers faiblement désaccordés. Les aspects du dimensionnement de tels photo-mélangeurs sera abordé lors de TP. Les principales techniques de réalisation en salle blanche seront abordées sous forme de cours avant d’être mises en pratique lors de la réalisation des photomélangeurs précédemment dimensionnés. Enfin, les dispositifs réalisés seront illuminés par des lasers fibrés et leurs réponses mesurées au moyen de dispositifs de mesures hyperfréquence sous pointes.

Cette U.E. illustre les domaines enseignés dans la finalité comme les hyperfréquences et les terahertz, l’opto-électronique et la physique du solide.

Contenu :

– Environnement salle blanche et procédés de fabrication, techniques de dépôt, élaboration de couches minces, lithographie optique et électronique, techniques de gravure

– Simulation et dimensionnement d’un photo-mélangeur

– Fabrication en salle blanche d’un photo-mélangeur : dessin des masques, lithographie optique, dépôt des électrodes métalliques

– Caractérisation des photomélangeurs fabriqués : courbes I/V, gain de photoconduction, gain hyperfréquence, bande passante.

**Prérequis :** Connaissances générales en électromagnétisme, en hyperfréquences, optique et en physique des semiconducteurs.

**Bibliographie :** Optoelectronics, Emmanuel Rosencher and Borge Vinter, Cambridge University Press A. Yariv, optical electronics in modern communication,.

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Octobre – Novembre – Décembre.

Lieu(x) : PALAISEAU

# Physique des composants

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Bournel Arnaud

**Déroulement et organisation pratique :** Contrôle des connaissances par examen écrit.

**Objectifs pédagogiques visés :**

Contenu : Objectifs :

Etude via la physique de l’état solide des matériaux utilisés pour leurs propriétés semi-conductrices. Les principes de fonctionnement des composants de base de la microélectronique seront décrits.

Contenu :

– Introduction, matériaux de base et réseaux cristallin

– Propriétés vibratoires d’un réseau cristallin (phonons)

– Structure électronique de bandes d’énergie

– Niveaux d’énergie introduits par les impuretés

– Densité de porteurs de charge dans un semiconducteur

– Transport et phénomènes hors d’équilibre

– Jonction PN, diode Schottky

– Transistors bipolaires, application à l’amplification

– Transistors à effet de champ, application à l’inverseur logique CMOS.

**Prérequis :** Connaissances de base en mécanique quantique, en physique des solides, en électronique.

**Bibliographie :** – C. Kittel, Introduction à la physique de l’état solide (ou Wiley en langue anglaise) – P.Y. Yu, M. Cardona, Fundamentals of semiconductors, Springer – S. M. Sze, Physics of semiconductor devices, Wiley – Nanoscience : Nanotechnologies et Nanophysique, edité par C. Dupas, P. Houdy, M. Lahmani, Belin (Springer en langue anglaise).

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Septembre – Octobre – Novembre.

Lieu(x) : PALAISEAU

# Composants photoniques organiques et inorganiques

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Journet Bernard

Equipe pédagogique : M. Journet Bernard, M. LAI Ngoc Diep.

**Déroulement et organisation pratique :** L’enseignement est organisé en séances de trois heures. Quatre séances sont consacrées aux systèmes Opto RF et à l’étude des composants. Un TP/TD permet d’appréhender de façon pratique un exemple d’un tel système. Six séances sont dédiées à une l’étude approfondie des résonateurs optiques et des cristaux photoniques et principalement les résonateurs à base de matériaux polymères. Parmi elles une séance est réservée à la fabrication de cristal photonique en matériau organique. Les émetteurs sont aussi abordés au travers des OLEDs.

**Objectifs pédagogiques visés :**

Contenu : Le but de cette UE est de donner aux étudiants une bonne connaissance de quelques composants photoniques en lien avec leurs applications potentielles.

Un exemple de système Opto-RF est analysé permettant de mettre en évidence deux composants le modulateur optique et le résonateur.

Le principe de la modulation optique dite externe est donc étudié, pour des modulateurs en matériaux inorganiques et organiques. Les bases de la physique nécessaires à la bonne compréhension de ce composant seront rappelées.

Le deuxième type de composant est introduit à partir du comportement de notre système Opto-RF : le micro-résonateur optique. Après une révision des bases du résonateur optique plusieurs configurations de micro-résonateurs sont présentées, micro-piliers, microsphère er micro-anneaux avant de passer aux structures de 1 à 3 dimensions de cristaux photoniques. L’accent est mis sur les résonateurs à base de matériaux polymères en comparaison avec ceux à base de matériaux inorganiques. La fabrication de cristaux photoniques à base de matériaux polymère est démontrée expérimentalement.

Finalement en tant que composant émetteur de lumière une séance de cours sera consacrée aux OLEDs.

**Prérequis :** Équations de Maxwell dans le vide et dans la matière, bases des systèmes RF et de l’optique ondulatoire.

**Bibliographie :** 1. Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley-Interscience, Second Edition 2007. 2. Sam S. Sun, Larry L. Dalton, Introduction to Organic Electronic and Optoelectronic Materials and Devices, CRC Press 2008 3. Robert W. Boyd, Nonlinear Optics, Academic Press, Second Edition 2003. 4. J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J.N. Winn, R. D. Meade, Photonic crystals: Molding the flow of light, Princeton University Press (2008) (freely available online).

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Novembre – Décembre – Janvier – Février – Mars.

Lieu(x) : GIF-SUR-YVETTE

# Nanophotonics

#### ECTS **3**

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Morini Delphine

**Objectifs pédagogiques visés :**

Contenu : The objective of this module is to train students in the fields of nanophotonics and its applications through the study of the properties of light propagation in nanostructured environments as well as the benefits from nanostructures for optoelectronics.

Outline:

– Photonic integrated circuits

Properties of light waves

Guiding, photonic integrated circuits: building blocs

Example of application: silicon photonics

II – Propagation of light in nanostructured environments

Photonic crystals

Plasmonics

Metamaterial

III – Photonics active devices

Nanostructures for optoelectronics (quantum well, quantum dots, nanowires).

**Prérequis :** Basic knowledge of electromagnetism and semiconductor device physics.

**Bibliographie :** E. Rosencher : optoelectronique

Mooc Nanosciences : [https://www.fun-mooc.fr/courses/course-v1:UPSUD+42003+session02/about](https://www.fun-mooc.fr/courses/course-v1%3AUPSUD%2B42003%2Bsession02/about).

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Décembre – Janvier – Février – Mars.

Lieu(x) : PALAISEAU

# Télécommunications optiques

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : Vourc’h Eric

Equipe pédagogique : Eric Vourc’h.

**Objectifs pédagogiques visés :**

Contenu : L’objectif de cette UE est de donner aux étudiants des connaissances sur les systèmes de télécommunications optiques, sur les technologies et architectures possibles (reposant sur l’association de composants optoélectroniques et électroniques), leurs performances et leurs contraintes d’utilisation. L’une des compétences visées étant de savoir choisir l’architecture d’un système et le dimensionner en fonction de l’application considérée (réseaux moyenne ou longue distance…) et de ses contraintes.

Cours :

Introduction générale

La fibre optique, support physique de transmission d’information

Normes de transmissions numériques haut débit (SONET /SDH…)

Émetteurs optiques (composants, techniques, architectures)

Récepteurs optiques (composants, techniques, architectures)

L’amplification optique (composants et techniques)

Le multiplexage en longueurs d’ondes (WDM, multiplexeurs et démultiplexeurs, multiplexage à insertion/extraction)

La compensation des phénomènes néfastes aux transmissions optiques (dispersion chromatique)

Exemple de systèmes installés (liaisons TAT, liaisons SEA-ME-WE)

Travaux Dirigés:

Étude de différentes architectures d’émetteur optique pour transmission numériques haut débit

Étude de l’architecture d’un récepteur optique

Bilan de liaison d’un système de transmissions numériques par fibres optiques et étude d’un système WDM

Travaux Pratiques:

Simulation de liaisons numériques par fibres optiques (liaisons point à point et multiplexées en longueurs d’ondes).

**Bibliographie :** 1. « Fibres optiques pour télécommunications », auteurs : Michel Joindot, Irène Joindot, Techniques de l’Ingénieur, Réf : E7110 v2. 2. “Fiber‐Optic Communication Systems”, Fourth Edition, auteur : Govind P. Agrawal, Print ISBN:9780470505113 |Online ISBN:9780470918524 |DOI:10.1002/9780470918524, Copyright © 2010 John Wiley & Sons, Inc.

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Décembre – Janvier – Février.

Lieu(x) : ORSAY, PALAISEAU

# Embedded processors and dedicated architectures (PEMB)

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : MATHIAS Hervé

**Equipe pédagogique :** Hervé Mathias, Samir Bouaziz, Abdelhafid Elouardi.

**Objectifs pédagogiques visés :**

Contenu : Description du contenu de l’enseignement

Objectives :

Introducing different architectures for an embedded processor on FPGA and the specificities linked to their exploitation: architecture optimization with respect to specifications, instruction set customizaton using specific digital circuits designed in VHDL, IP and associated embedded peripherals implementation.

Contents :

– Architecture and implementation of an embedded processor, based on the processor used in practicals : processor architecture, standard interface with embedded peripherals, processor customization(choice of architecture, instruction set, cache memory sizing)

– Implementation and programming in C

– IPs and embedded peripherals, based on those used in practicals: DMA, input/output ports, memory controllers (SDRAM, Flash), Timer, implementation in VHDL.

Practicals :

mini-project : different implementations of an embedded system computing a given algorithm in order to compare the performance of each solution : exclusive software computing with different architectures for the processor (with or without pipeline, with or without cache) and different associated memories (Onchip SRAM, external SRAM or SDRAM), use of associated hardware coprocessors designed in VHDL …

**Prérequis :** Knowledge of VHDL, Master 1 level Knowledge in Computing and Computer Architecture.

**Bibliographie :** D.A. Patterson, J.L. Hennessy : Computer Architecture, a quantitative approach, 4th edition Computer Organization and Design, 4th Edition: The Hardware/Software Interface.

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

Période(s) : Décembre – Janvier – Février.

Lieu(x) : ORSAY

# Compatibilité électromagnétique

#### ECTS 3

**Modalités d’organisation et de suivi :**

Coordinateur : LECOINTE Dominique

**Equipe pédagogique :** Dominique Lecointe, Raul de Lacerda.

**Objectifs pédagogiques visés :**

Déroulement et organisation pratique : Examen oral.

**Objectifs :**

Les interférences électromagnétiques sont une forme grave et envahissante de pollution de l’environnement. Le cours présente plus particulièrement les mécanismes de couplage par rayonnement et les solutions envisageables pour se protéger de ces couplages. Une attention est aussi portée sur les moyens modernes à la disposition de l’ingénieur pour évaluer les risques occasionnés par ces phénomènes.

**Contenu :**

– Présentation Générale de la CEM

Aspects économiques : nécessité de la prise en compte dès la phase de conception

Une approche rationnelle – Sources de perturbation Sources de perturbation d’origine naturelle : classement suivant l’origine et le spectre. Sources de perturbation d’origine naturelle : foudre, bruit atmosphérique, décharges électrostatiques.

Sources de perturbation d’origine artificielle : émetteurs, systèmes électriques quelconques, impulsions électromagnétiques nucléaires.

Etude de cas : perturbations sur le secteur. – Mécanismes de couplage Diffraction par un objet

Couplage sur des structures tridimensionnelles – Protections Règles de conception

Blindage, Plans de masse, Câbles blindés, Protection des ouvertures – Simulation numérique Méthodes approchées.

Méthodes exactes : équations intégrales et méthodes des moments, formulation variationnelle et éléments finis, différences finies.

Utilisation de la théorie des lignes. Equations BLT. – Tests et essais Particularités des mesures en CEM

Essais normalisés, Où réaliser les mesures ?

**Prérequis :** Notions d’électromagnétisme.

**Bibliographie :** – M. MARDIGUIAN, « Manuel pratique de compatibilité électromagnétique », Lavoisier. – P. DEGAUQUE, J. HAMELIN, « Compatibilité électromagnétique : bruits et perturbations radioélectriques », Collection Technique et Scientifique des Télécommunications, Dunod. – C. PAUL, « Introduction to electromagnetic compatibility », John Wiley.

**Période(s) et lieu(x) d’enseignement :**

**Période(s) :** Décembre – Janvier – Février – Mars.

**Lieu(x) :** GIF-SUR-YVETTE